

## Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física

Sérgio Monteiro Mendes Duarte Franco

### **CONCORDÂNCIA ENTRE O MÉTODO ANTROPOMÉTRICO E A DENSITOMETRIA ÓSSEA PARA ESTIMAR VOLUMES E COMPOSIÇÃO DO MEMBRO INFERIOR EM JOVENS ATLETAS MASCULINOS DE RUGBY**



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

2012

Sérgio Monteiro Mendes Duarte Franco

**CONCORDÂNCIA ENTRE O MÉTODO ANTROPOMÉTRICO E A  
DENSITOMETRIA ÓSSEA PARA ESTIMAR VOLUMES E COMPOSIÇÃO DO  
MEMBRO INFERIOR EM JOVENS ATLETAS MASCULINOS DE RUGBY**

Dissertação de mestrado apresentada à  
Faculdade de Ciências do Desporto e  
Educação Física da Universidade de Coimbra  
com vista à obtenção do grau de mestre em treino  
desportivo para crianças e jovens

Orientadores: Prof. Doutor Manuel João Cerdeira  
Coelho e Silva

Prof. Doutor Humberto Jorge Gonçalves Moreira de  
Carvalho

**COIMBRA**

**2012**

*Franco S. Avaliação da Concordância entre o Método Antropométrico e a Densitometria Óssea (DXA), para Estimar os Volumes e a Composição do Membro Inferior em Jovens Atletas Femininos. Dissertação de Mestrado. Coimbra: Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, 2012.*

## **AGRADECIMENTOS**

**O meu primeiro agradecimento vai para os meus Pais que com muito esforço e dedicação souberam educar-me e moldar-me para a vida. A vocês, que se doaram inteiros e renunciaram aos vossos sonhos, para que, muitas vezes, pudesse realizar os meus. Pela longa espera e compreensão durante as minhas longas viagens, não bastaria um muitíssimo obrigado, mas é o que me acontece agora, quando procuro arduamente uma forma verbal de exprimir um sentimento ímpar.**

**Ao Professor Manuel João por me ter dado a oportunidade de trabalhar na área que gosto e segundo a sua orientação. Por me ter transmitido muita sabedoria e acima de tudo muita exigência em tudo o que faça.**

**Ao Professor Humberto pela grande ajuda em tornar este trabalho possível, pelos conhecimentos que me transmite e pela enorme disponibilidade que sempre demonstrou.**

**A todos os meus colegas do Mestrado de Treino Desportivo em Crianças e Jovens e em especial ao Mestre Filipe Simões pela disponibilidade e pela amizade.**

**Aos meus amigos, companheiros de uma vida. Somos privilegiados em sermos abençoados com uma amizade tão forte e duradoura. Obrigado por tudo.**

**O último agradecimento vai para ti Marina. Obrigado por todo o amor e carinho.**

**“Que não seja imortal, posto que é chama. Mas que seja infinito enquanto dure”.**

## RESUMO

O objectivo deste estudo foi estudar a concordância entre o método antropométrico e o método por densitometria óssea (DXA), como referência, para avaliação do volume apendicular do membro inferior em jovens/adultos jogadores de Rugby. Adicionalmente, foram testados modelos incorporando a massa corporal e pregas cutâneas para melhorar a concordância entre os protocolos para estimar o volume do membro inferior. A amostra incluiu 41 atletas praticantes de rugby do sexo masculino, (19,9 anos  $\pm$  2,2 anos). O volume do membro inferior pelo método antropométrico (VMIA) e o volume livre de gordura do membro inferior pelo método antropométrico (VLGMI<sup>A</sup>) foram estimados em ambos os membros inferiores através do método antropométrico e derivados a partir dos valores estimados pelo DXA. Foram utilizadas regressões lineares para verificar a associação entre os métodos concorrentes. Para o total da amostra, os valores de erro padrão de medida para as estimativas de volume por antropométrica foram 1,99 L e 1,34 L para o VMIA e o VLGMI<sup>A</sup>, respectivamente. O coeficiente de correlação entre métodos foi de 0,81 para o VMI e de 0,90 para o VLGMI. As correlações entre equações de predição estimadas e valores de referência mostraram maiores correlações ( $r = 0,96$  para o VMI e  $r = 0,93$  para o VLGMI) em comparação com as estimativas antropométricas. Em síntese, a concordância do método antropométrico para quantificar os volumes dos membros inferiores em relação com as estimativas por DXA, como uma referência em jovens/adultos jogadores de rugby é aceitável, indicando que o método antropométrico é um método prático quando as técnicas mais dispendiosas e complexas não estão disponíveis. A consideração da massa corporal e pregas cutâneas dos membros inferiores aumenta a precisão das estimativas de volume do membro inferior através de antropometria nos jovens/adultos jogadores de rugby.

Palavras-Chave: DXA. Antropometria. Validação Cruzada. Composição Corporal. Regressão de Deming. Volumes do Membro Inferior.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the agreement of lower-limb volume estimates based on anthropometry and dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) as a reference method in male rugby athletes. Predictive models using body mass and skinfolds were tested to improve the relative agreement between protocols (anthropometry, DXA). Rugby players ( $n = 41$ ;  $19.9 \pm 2.2$  years) volunteered for the study. Lower-limb total and fat-free volumes were estimated by anthropometry and also derived using DXA. Cross-validation between the anthropometry technique and DXA was then performed.

Lower-limb volume estimates by anthropometry overestimated reference values and tended to be further from the reference values with the increase of scale. For the total sample, standard errors of measurement for volume estimates by anthropometry were 1.99 L and 1.34 L for total and fat-free volumes, respectively. Correlations with reference values were 0.81 for lower-limb volume and 0.90 for lower-limb fat-free volume. Correlations between estimated prediction equations and reference values showed higher correlations ( $r = 0.96$  for lower-limb volume and  $r = 0.93$  for lower-limb fat-free volume) compared with anthropometric estimates. Overall, the agreement of anthropometry method to quantify lower-limb volumes with DXA as a reference in young adult rugby players is acceptable and is a practical method when more expensive and complex techniques are not available. The consideration of body mass and lower-limb skinfolds increases the precision of lower-limb volume estimates using anthropometry in the young adult rugby players.

**Key words:** DXA. Anthropometry. Cross-validation. Deming regression. Body composition. Muscle volume estimation.

**SUMÁRIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>4</b>
2.1	Participantes .....	4
2.2	Antropometria.....	4
2.3	Densitometria Óssea (DEXA).....	6
2.4	Análise Estatística .....	6
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>22</b>

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Estimativa do Volume dos Membros Inferiores, Total e Livre de Gorduras, (Média e Desvio Padrão) medidos a partir do método antropométrico e da Densitometria Óssea (DXA). .....	8
Tabela 2 - Modelo de Validação cruzada de equações preditoras após transformação logaritmica das variáveis. ....	13



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Regressão Linear entre o Volume do Membro Inferior (VMI) em Litros (L) através da Densitometria Óssea e do método Antropométrico em relação com a Massa Corporal (Kg) em atletas masculinos de rugby. ....	9
Gráfico 2 – Regressão Linear entre o Volume da massa não gorda do Membro Inferior (VLGMI) em Litros (L) através da Densitometria Óssea e do método Antropométrico em relação com a Massa Corporal (Kg) em atletas masculinos de rugby. ....	9
Gráfico 3 – Regressão de Deming entre o Volume do Membro Inferior (VMI) medido pela Densitometria Óssea (DXA) e pelo método Antropométrico, bem como os limites do acordo (parcelas de Bland-Altman) entre a antropometria e o DXA na estimativa do VMI em jogadores masculinos de rugby. ....	10
Gráfico 3.1 – Parcelas de Bland - Altman, comparando os volumes estimados pela antropometria e pelo DXA no membro inferior. A linha contínua no Gráfico de Bland-Altman representa a diferença média entre a técnica de referência e a estimativa por antropometria.....	11
Gráfico 4 – Regressão de Deming entre o Volume da massa não gorda do Membro Inferior (VLGMI) medido pela Densitometria Óssea (DXA) e pelo método Antropométrico, bem como os limites do acordo (Gráfico de Bland-Altman) entre a antropometria e o DXA na estimativa do VLGMI em jogadores masculinos de rugby. ....	12
Gráfico 4.1– Parcelas de Bland - Altman, comparando os volumes de massa não gorda estimados pela antropometria e pelo DXA no membro inferior. A linha contínua de Bland-Altman representa a diferença média entre a técnica de referência e a estimativa por antropometria.....	12
Gráfico 5 – Acordo a partir de regressões entre a equação antropométrica, gerada para prever o volume do membro inferior em jovens jogadores de rugby, com o DXA como método de referência.....	14
Gráfico 5.1 – Relação entre os resíduos (média das diferenças entre o volume do membro inferior predito, medido pelo DXA e o predito por equação. A linha contínua	

no Gráfico de Bland- Altman representa a média das diferenças entre a técnica de referência e a equação antropométrica.....	15
Gráfico 5.2 – Acordo a partir de regressões entre a equação antropométrica, gerada para prever o volume da massa não gorda do membro inferior em jovens jogadores de rugby, com o DXA como método de referência.....	15
Gráfico 5.3. – Relação entre os resíduos (média das diferenças entre o volume da massa não gorda do membro inferior predito, medido pelo DXA e o predito por equação. A linha contínua no Gráfico de Bland- Altman representa a média das diferenças entre a técnica de referência e a equação antropométrica.....	16

## LISTA DE ABREVIATURAS

DXA – Densitometria Óssea;

MLG – Massa não Gorda ou Massa Livre de Gorduras;

VLGMI – Volume de Massa não Gorda ou Livre de Gorduras do membro inferior;

VLGMIA – Volume de Massa não Gorda ou Livre de Gorduras do Membro Inferior pelo método Antropométrico;

VLGDXA – Volume de Massa não Gorda ou Livre de Gorduras do Membro Inferior pelo método de Densitometria Óssea;

MLGMI – Massa não Gorda ou Livre de Gordura do membro Inferior;

MLGDXA – Massa não Gorda ou Livre de Gordura do membro inferior pelo método de Densitometria Óssea;

VMIA – Volume do membro inferior, pelo método antropométrico;

VMIDXA – Volume do membro inferior, pelo método de Densitometria Óssea.

## 1 INTRODUÇÃO

Os níveis de tecidos da composição corporal incluem o tecido adiposo, tecido muscular (estriado, que inclui os sub-tipos: músculo-esquelético, músculo cardíaco; e liso), o tecido ósseo, o tecido visceral e o tecido nervoso. A componente músculo-esquelética é de grande interesse em estudos do desempenho em atletas ou em estudos de manutenção da massa corporal em humanos. Particularmente, as interações entre a variabilidade inter-individual no desempenho funcional (ex. potência de curta duração, potência máxima durante o maior tempo possível) induzido pelo treino e/ou intervenção na dieta, e a variação da massa músculo-esquelética são do interesse tanto de investigadores como de treinadores.

A força muscular está relacionada com vários determinantes, tais como o tamanho do corpo, em geral, e o tamanho do músculo, em particular (1). Além disso, os testes de força são realizados rotineiramente em crianças e adolescentes durante o crescimento pubertário e é relevante para monitorar o progresso da potência muscular, combinada com alterações na morfologia geral e local. Tem sido discutido recentemente que o volume do membro inferior (VMI) como um indicador da massa muscular activo pode ser o expoente alométrico mais relevante para o dimensionamento da captação máxima de oxigénio em amostras heterogéneas para o tamanho e composição do corpo (2).

A antropometria oferece um método simples, pouco dispendioso, não - invasivo para a estimativa dos volumes dos membros (adiposo e massa magra), (3-4). Um modelo geométrico dos membros inferiores utilizando cones truncados baseados nas pregas cutâneas, nas circunferências e nos comprimentos (3) é frequentemente utilizado em crianças e adolescentes (5,6,7,8), em adultos saudáveis (9) e em amostras clínicas (4). Este método baseia-se em várias suposições. Primeiro, as pregas providenciam uma estimativa correcta da espessura do tecido adiposo subcutâneo. Segundo, o membro é circular com o tecido adiposo subcutâneo a

formar um anel. Terceiro, para a determinação do volume muscular, a gordura intermuscular e o volume do osso é insignificante ou uma proporção constante do tecido subcutâneo não gordo. Os estudos de validação desta técnica em atletas são limitados na literatura.

A disponibilidade de técnicas mais avançadas, como tomografia computacional e ressonância magnética, permite a avaliação da morfologia muscular localizada, particularmente da morfologia do membro inferior (10). A ressonância magnética é amplamente reconhecida como critério para a morfometria in vivo (11-12) e é preferida contra a tomografia computacional, uma vez que não envolve exposição a radiação. Contudo, ambos os métodos são dispendiosos e morosos, requerendo muitas vezes equipamento que apenas está disponível em unidades de pesquisa especializadas.

A densitometria óssea (DXA) providencia um método adicional para estimar a região músculo-esquelética in vivo a baixo custo e com uma exposição substancialmente menor à radiação quando comparamos com a tomografia computadorizada. Esta técnica providencia uma estimativa da massa óssea, da massa gorda e dos tecidos moles não gordos de todo o corpo e/ou de regiões específicas do corpo. A técnica é baseada no diferencial de atenuação de dois feixes de fótons enquanto são absorvidos pelos vários tecidos corporais (13), e é descrito como um método preciso para avaliar tanto a composição corporal como a massa esquelética (14-15). Esta técnica foi validada contra métodos padrão tradicionais, (16,17,18,19), e as evidências mostram boa reprodutibilidade para o tecido magro da perna (16). Tem ainda o potencial para avaliar a composição apendicular, requerendo um esforço mínimo.

No entanto, pequenos erros, embora sistemáticos e previsíveis poderão ocorrer na análise da composição dos tecidos moles pela avaliação DXA (20).

Os atletas têm por objectivo alcançar uma composição e um tamanho corporal específico para uma dada modalidade desportiva numa tentativa de maximizar o seu desempenho. Em média, os atletas tendem a ter menos gordura relativa que os não atletas da mesma idade e do mesmo sexo (21). As diferenças na gordura relativa variam também consoante o desporto e a sua especialização (lançadores, saltadores, velocistas), e nas posições em que jogam (médio de formação, jogadores das linhas atrasadas ou avançados) dentro de um desporto de equipa (22). Pesquisas tendo como foco as características fisiologias e antropométricas dos jogadores de rugby bem como as exigências da competição já foram alvo de estudos (23-24). Variações na estatura e massa corporal e sua composição em cada posição foram observadas (23), bem como a importância de quantificar variações na massa magra (25). Poderá ser limitada a generalização de equações antropométricas obtidas na população para atletas. Como tal, os jogadores de rugby podem fornecer um modelo útil para a avaliação da concordância entre as avaliações concorrentes do volume dos membros inferiores.

O objectivo deste estudo foi avaliar a concordância entre a avaliação do volume do membro inferior, estimado por antropometria em relação ao estimado por DXA, como referência em jovens adultos do sexo masculino, praticantes de rugby. A análise também considera a adição da massa corporal e pregas de gordura cutâneas dos membros inferiores em novos modelos de preditores para melhorar a concordância entre o método antropométrico e por DXA.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Participantes**

A amostra inclui 41 jogadores de rugby do sexo masculino dos 16.0 aos 23.7 anos de idade até à recolha de dados. Todos com a exceção de 1 sujeito, (Africano, removido da análise) são caucasianos; metodologia aprovada pelo conselho científico da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

### **2.2 Antropometria**

Todas as medições foram feitas por um avaliador experiente utilizando os protocolos definidos por Lohman e colaboradores (26). A estatura foi avaliada com um estadiómetro portátil (Harpender model 98.603, Holtain Ltd, Crosswell, UK) até 0,1 cm. A massa corporal foi medida com uma balança portátil (Seca model 770, Hanover, MD, USA) até 0.1 kg. O volume do membro inferior (VMI<sup>A</sup>), o volume livre de gorduras do membro inferior (VLGMI<sup>A</sup>) em ambas as extremidades foi estimado tendo em conta quatro pregas de gordura, as circunferências e o comprimento parcial de ambas as pernas (Jones and Pearson 1969). A técnica divide o membro inferior em seis segmentos, similares a cones truncados. As circunferências horizontais foram medidas no sulco do glúteo (circunferência horizontal mais acima possível), medial da coxa (ao nível da maior circunferência da coxa), menor circunferência acima do joelho, maior circunferência do joelho (ao nível da patela), na circunferência abaixo do joelho, máxima circunferência geminal e menor circunferência na zona do tornozelo. As pregas subcutâneas foram medidas no ponto medial anterior e posterior da coxa e no ponto medial e lateral do gêmeo (maior circunferência). Os comprimentos entre cada circunferência desde o sulco glúteo até à menor circunferência do tornozelo foram medidos e somados (no geral, e em seis comprimentos parciais). O pressuposto de um anel circular geométrico do

tecido gordo subcutâneo foi inserido em equações de modo a estimar as áreas transversais (27-28):

- $A = C^2/4\pi$ , onde  $C$  é a circunferência de uma perna;
- $C_{fat-free} = C - (\pi/2) * (\sum skf)$ , onde o  $\sum skf$ , medial da coxa, é a soma da prega subcutânea anterior e posterior, e maior circunferência dos gêmeos a soma da prega subcutânea medial e lateral;
- $A_{fat-free} = [(C - (\pi/2) * (\sum skf))^2] / 4\pi$ .

O volume de cada cone truncado do segmento do membro foi calculado pela seguinte fórmula (2):

- $V = [A1 + A2 + (A1 * A2) 0,5] * h/3$ , onde  $A1$  e  $A2$  são as áreas do limite superior e do limite inferior da secção enquanto o  $h$  é o comprimento da secção;
- $V_{corrigido} = [A1 + A2_{corrigido} + (A1 * A2_{corrigido}) 0,5] * h/3$ , onde, neste exemplo,  $A2_{corrigido}$  é a área do limite inferior da secção.

VMIA foi calculada como a soma dos volumes dos seis segmentos. VLGMI<sup>A</sup> foi estimado utilizando os volumes corrigidos na soma dos volumes. Todas as equações foram inseridas num software amplamente disponível (Microsoft TM Office Excel, 2007).

Com base em 18 participantes medidos duas vezes dentro de uma semana, erros intra - técnicos de medição foram calculados para as dimensões antropométricas. Erros técnicos foram de 0.29 a 0.74 cm para as circunferências; 0.65 a 0.88 mm para as pregas cutâneas e 0.16 a 0.46 cm para os comprimentos. As estimativas de erro estavam dentro dos limites previamente estabelecidos para as pesquisas antropométricas (29).



### 2.3 Densitometria Óssea (DEXA)

O volume do membro inferior foi avaliado utilizando densitometria óssea (Hologic QDR-4500) com a versão 9.10 do software para análise de todo o corpo (Hologic Inc., Bedford, MA, USA). Os sujeitos permaneceram deitados em supinação na maca e foram analisados a todo o corpo em 3/5 minutos. DXA determinou três compartimentos: massa magra, massa gorda, e o conteúdo mineral ósseo. A massa livre de gordura (MLG, kg) representa a soma da massa magra com o conteúdo mineral ósseo. A massa livre de gorduras dos membros inferiores (MLGMIDXA, kg) (todo o membro, coxa e zona geminal) derivou-se da análise de corpo inteiro, dividindo as pernas, seguindo as mesmas marcas anatômicas (sete) utilizadas na antropometria (Fig 1). O volume do membro inferior VMIDXA (L) foi calculado como:  $[MLGMIDXA / 1.1 + MGMIDXA / 0.9]$  com 1.1 kg.L<sup>-1</sup> a ser a densidade média da MLG e 0.9 kg.L<sup>-1</sup> a ser a densidade da massa gorda (MG) (30).

### 2.4 Análise Estatística

A assunção da normalidade foi verificada utilizando o teste de Shapiro-Wilks e pela inspecção visual das parcelas de normalidade. Se os pressupostos forem corrompidos, foram executadas transformações logarítmicas de forma a reduzir a não uniformidade do erro. Os dados foram reconvertidos de forma a gerarem médias estimadas.

Foram exploradas as diferenças entre os volumes dos membros inferiores utilizando o teste *t-Student* de amostras emparelhadas. Em simultâneo, foi avaliada a validade entre a estimativa antropométrica do volume (aproximação prática) e o volume estimado baseado na análise do DXA (método referência) que foi avaliado a partir da análise de regressões de Deming. O Intervalo de Confiança (IC) foi determinado em 95%. Considerando o método das rectas dos quadrados mínimos,

assumimos que apenas as medições no eixo y estão associados aos erros de medição aleatórios, o método de regressão de Deming leva em conta os erros de medição para os dois métodos (os eixos de y e x) (31). Os limites de concordância entre os VMI estimados utilizando a antropometria e o DEXA foram avaliados através da plotagem das diferenças médias entre ambos os métodos (análise Bland-Altman) (32).

Foram aplicadas regressões lineares múltiplas, modo Stepwise de inclusão progressiva das variáveis independentes (valor de inclusão de variáveis de  $P < 0,05$ ), para identificar qual a melhor combinação de variáveis para prever o volume do membro - inferior, tendo como o DXA a variável dependente. As variáveis independentes consideradas inicialmente nos modelos foram, a massa corporal, o somatório das pregas cutâneas do membro - inferior (anterior e posterior da coxa; medial e lateral da perna). Este método permite-nos uma interpretação da contribuição das variáveis independentes no acordo entre os volumes antropométricos e DXA estimado em proporções, semelhante às abordagens proporcionais alométricas (33,34,35).

Os valores individuais de previsão de volume do membro inferior foram calculados a partir de uma conversão anti-logaritmica dos valores gerados na equação estimativa correcta. Os modelos de regressão foram então internamente validados com o método da soma dos quadrados dos resíduos preditos (Predicted Residual Sum of Squares, PRESS), (36). Os coeficientes de correlação foram interpretados de acordo com os seguintes critérios: trivial ( $r < 0.1$ ), pequena ( $0.1 < r < 0.3$ ), moderada ( $0.3 < r < 0.5$ ), elevada ( $0.5 < r < 0.7$ ), muito elevada ( $0.7 < r < 0.9$ ), quase perfeita ( $r > 0.9$ ) e perfeita ( $r = 1$ ) (26). O nível de significância foi estabelecido,  $P < 0.05$ . A análise estatística foi realizada utilizando o programa informático SPSS versão 14.0 para o sistema operativo Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). A análise gráfica foi realizada utilizando o programa informático Graphpad Prism versão 5.03 para o sistema operativo Windows (GraphPad Software, Inc.).

### 3 RESULTADOS

As médias e (desvios padrão) para a estatura e massa corporal dos jogadores de rugby foram de 180.0 cm (6.5) e 91.8 kg (14.3). O volume dos membros inferiores estimados por DXA e por antropometria estão apresentados na Tabela 1. O volume estimado a partir de variáveis antropométricas foi superior às estimadas pelo DXA, ( $P < 0,01$ ).

Na Tabela 1 observa-se a estimativa do Volume dos Membros Inferiores (Média e Desvio Padrão) medidos a partir do método antropométrico e DXA em jogadores de Rugby. Média das diferenças entre métodos (95% de Intervalo de Confiança).

**Tabela 1** — Estimativa do Volume dos Membros Inferiores, Total e Livre de Gorduras, (Média e Desvio Padrão) medidos a partir do método antropométrico e da Densitometria Óssea (DXA).

	DXA	Antropometria	Média das Diferenças
MLGMI mass (kg)	11.63 (2.92)	13.26 (3.33) **	1.62 (95% IC 1.07 – 2.18)
VMI (L)	12.31 (2.24)	13.01 (3.20)**	0.70 (95% IC 0.09 – 1.31)
VLGMI volume (L)	9.36 (1.51)	12.05 (3.03) **	2.69 (95% IC 2.12 – 3.26)

\*\*  $P \leq 0.01$

As relações entre a massa corporal e o volume dos membros inferiores (Total e Livre de Gorduras) segundo a tecnologia DXA e a Antropometria foram estabelecidas a partir de regressões lineares, estando presentes no Gráfico 1 e 2.

Os resultados indicam que uma maior proporção de variância é explicada pela massa corporal no volume total (VMI) do que no volume livre de gorduras (VLGMI) em ambos os métodos. A melhor recta de regressão ajustada na VLGMI tende a divergir cada vez mais com o aumento da massa corporal.

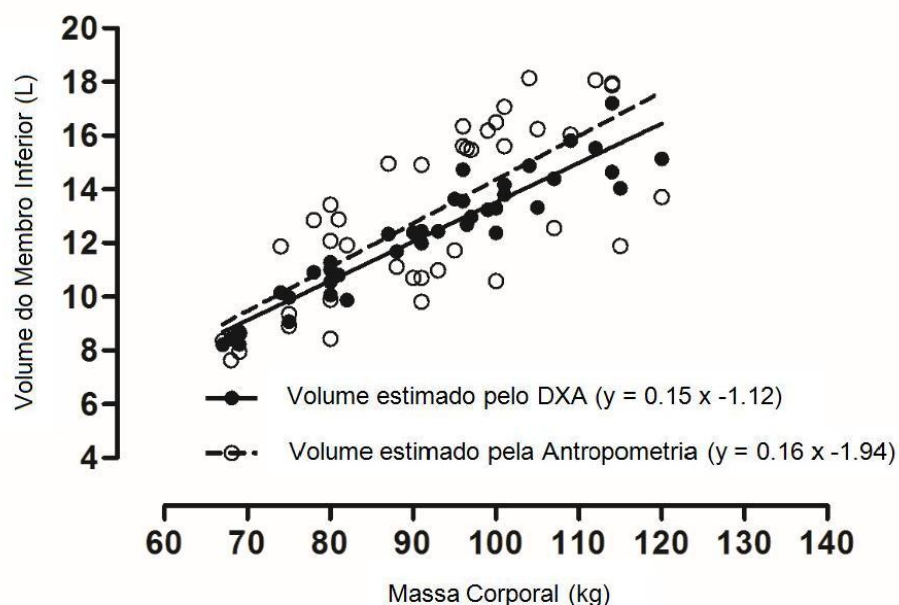


Gráfico 1 – Regressão Linear entre o Volume do Membro Inferior (VMI) em Litros (L) através da Densitometria Óssea e do método Antropométrico em relação com a Massa Corporal (Kg) em atletas masculinos de rugby.

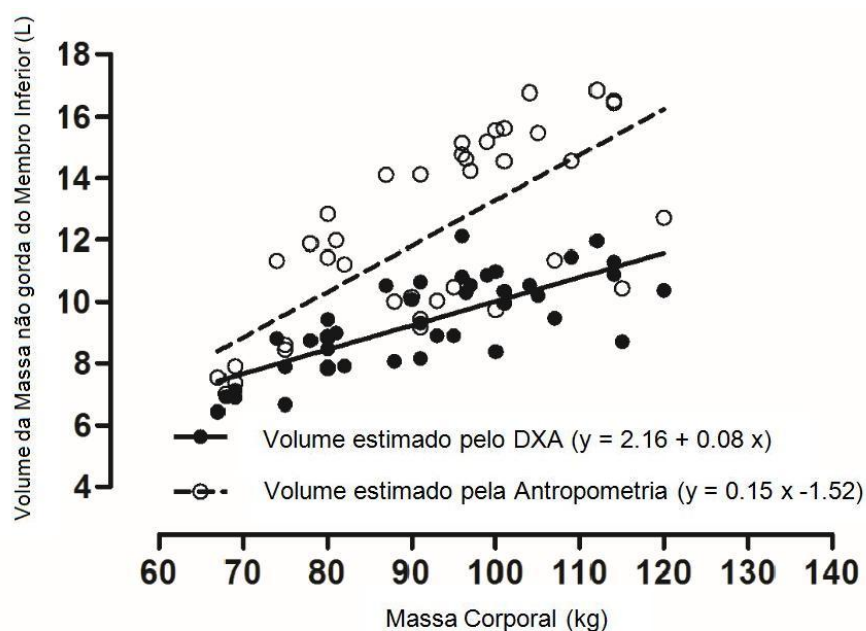


Gráfico 2 – Regressão Linear entre o Volume da massa não gorda do Membro Inferior (VLGMI) em Litros (L) através da Densitometria Óssea e do método Antropométrico em relação com a Massa Corporal (Kg) em atletas masculinos de rugby.

As correlações de Pearson entre as estimativas do volume antropométrico e os valores de referência foram muito elevadas ( $r = 0.81$ , 95% IC = 0.67 – 0.90, para o VMI;  $r = 0.90$ , 95% IC = 0.83 – 0.95, para o VLGMI). Para a estimativa do VMI<sup>A</sup>, as rectas de regressão a partir de previsões por equações, derivadas a partir da regressão de Deming indicam que os jogadores de rugby tendem a ter mais do que os valores de referência á medida que a magnitude da escala aumenta (Gráfico 3).

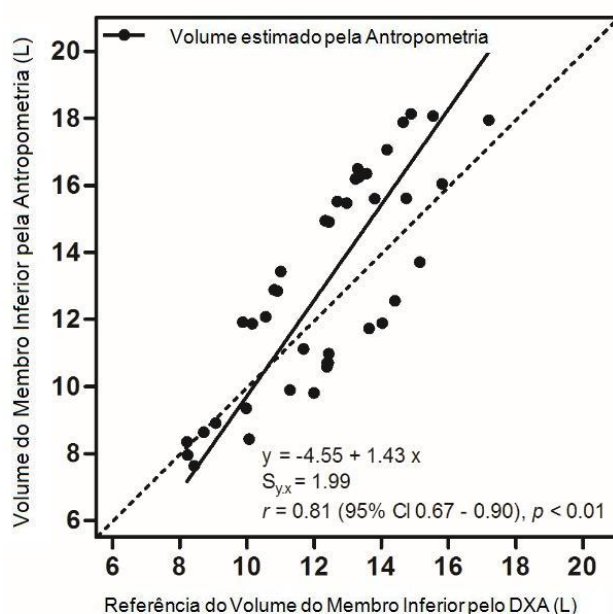


Gráfico 3 – Regressão de Deming entre o Volume do Membro Inferior (VMI) medido pela Densitometria Óssea (DXA) e pelo método Antropométrico, bem como os limites do acordo (parcelas de Bland-Altman) entre a antropometria e o DXA na estimativa do VMI em jogadores masculinos de rugby.

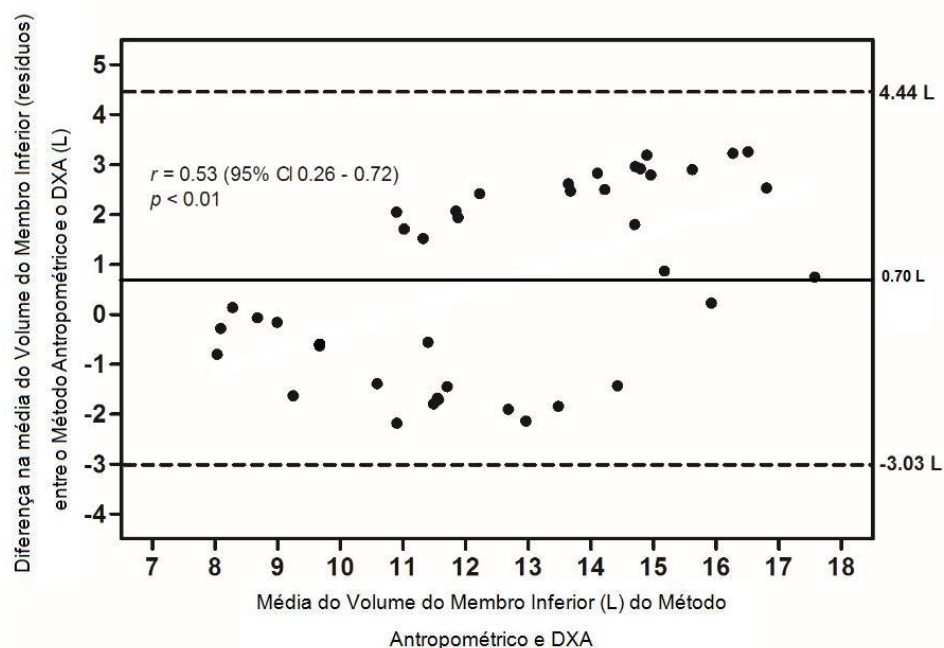


Gráfico 3.1 – Parcelas de Bland - Altman, comparando os volumes estimados pela antropometria e pelo DXA no membro inferior. A linha contínua no Gráfico de Bland-Altman representa a diferença média entre a técnica de referência e a estimativa por antropometria.

Para os valores do VLGMI<sup>A</sup>, a recta de regressão indica que os volumes antropométricos são sobrestimados e que os declives tendem a aumentar com um aumento na magnitude da escala.

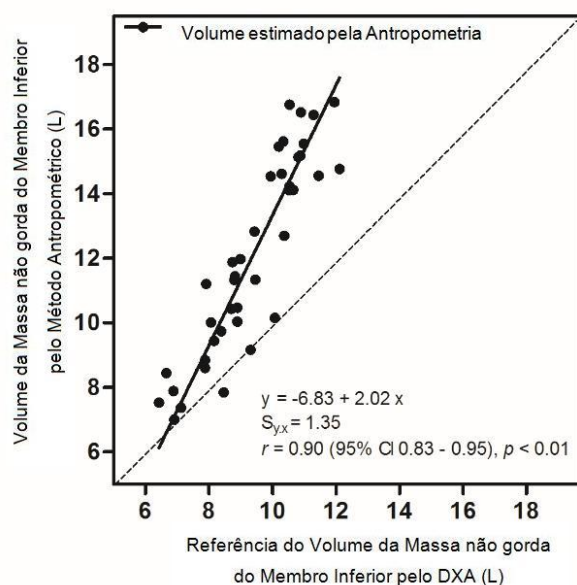


Gráfico 4 – Regressão de Deming entre o Volume da massa não gorda do Membro Inferior (VLGMI) medido pela Densitometria Óssea (DXA) e pelo método Antropométrico, bem como os limites do acordo (Gráfico de Bland-Altman) entre a antropometria e o DXA na estimativa do VLGMI em jogadores masculinos de rugby.

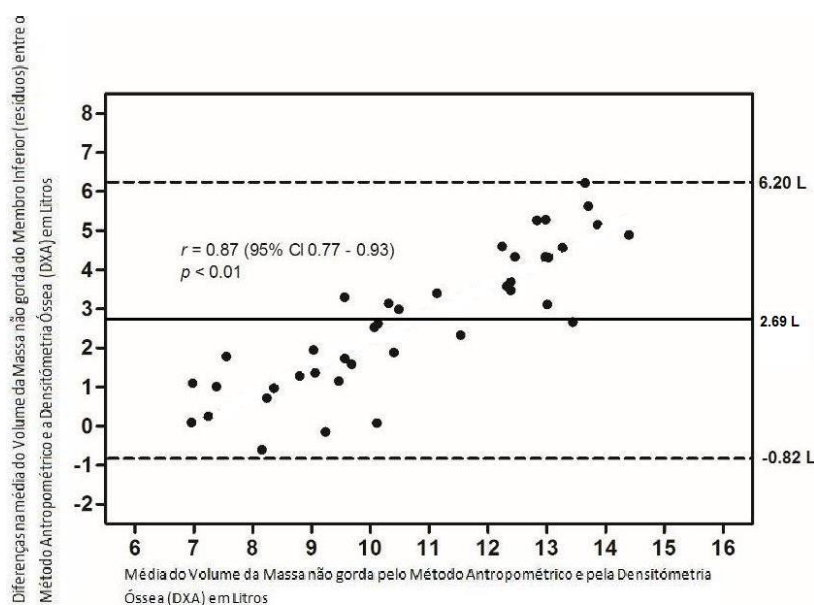


Gráfico 4.1 – Parcelas de Bland - Altman, comparando os volumes de massa não gorda estimados pela antropometria e pelo DXA no membro inferior. A linha contínua de Bland-Altman representa a diferença média entre a técnica de referência e a estimativa por antropometria.

O modelo de predição para o VMI e VLGMI obtidos a partir de regressões Stepwise de variáveis após transformação logarítmica está representado na Tabela 2.

Tabela 2 - Modelo de Validação cruzada de equações preditoras após transformação logarítmica das variáveis.

	$r$	Erro Padrão da Estimativa	Coeficiente	Validação Cruzada	
				$R_{PRESS}^2$	$SEE_{PRESS}$
Volume do Membro Inferior					
Intercepção			-2.08		
Massa Corporal			0.92		
VMI pela Antropometria			0.17		
Total do modelo	0.97	0.05		0.93	0.05
Vol. da Massa não gorda do M.I.					
Intercepção			-0.51		
Massa Corporal			0.45		
$\Sigma$ pregas cutâneas			0.17		
VLGMI pela Antropometria			0.37		
Total do modelo	0.94	0.06		0.89	0.05

VMI – volume do membro inferior; VLGMI – volume da massa não gorda do membro inferior; M.I – Membro Inferior; Erro padrão da estimativa derivado de transformações logarítmicas foram de: 1.05 L para o modelo LLV e de 1.06 L para o FLLV.

As equações derivadas a partir de modelos de regressão Stepwise incluíram a massa corporal ao VMIA como uma variável independente da medida de referência (DXA). O somatório das pregas cutâneas dos membros inferiores também foi incluído como variável independente no VLGMI. As correlações entre as variáveis independentes incluídas no modelo final e nos valores dos volumes do DXA foram de 0.97 e 0.94 para o VMI e para o VLGMI, respectivamente.

Na Tabela 2, podemos observar o novo modelo de predição a partir de uma validação cruzada com o método estatístico PRESS; nas Figuras 5 observamos o acordo entre a nova equação de predição do volume dos membros inferiores com o método de referência, para o total do volume e para o volume livre de gordura.



As análises de regressões de Deming entre equações de predição estimadas e valores de referência, mostraram uma correlação muito elevada ( $r=0.96$  para o VMI e  $r=0.93$  para o VLGMI) comparados com as estimativas antropométricas.

Os limites de concordância das equações do volume do DXA, estimadas como referência variaram de - 1.24 a 1.26 L para o VMI e de -1.10 a 1.02 L para o VLGMI.

Correlações entre as diferenças do volume estimado pelas equações de predição e pela tecnologia DXA não foram significativas; próximo do 0 para o VMI e  $r = - 0.18$  para o VLGMI.

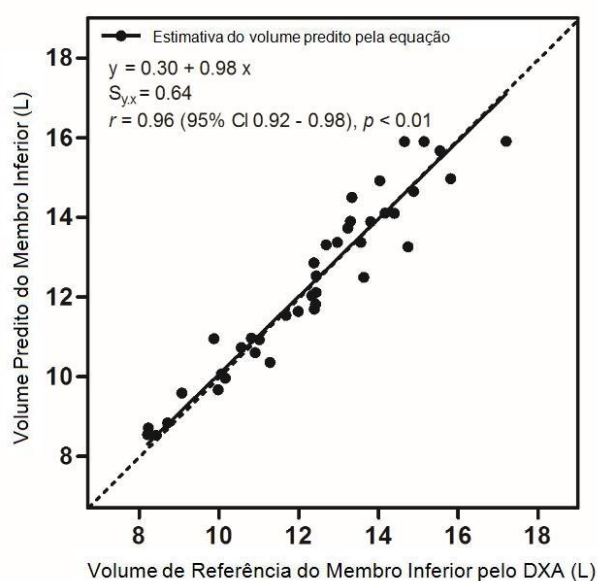


Gráfico 5 – Acordo a partir de regressões entre a equação antropométrica, gerada para prever o volume do membro inferior em jovens jogadores de rugby, com o DXA como método de referência.

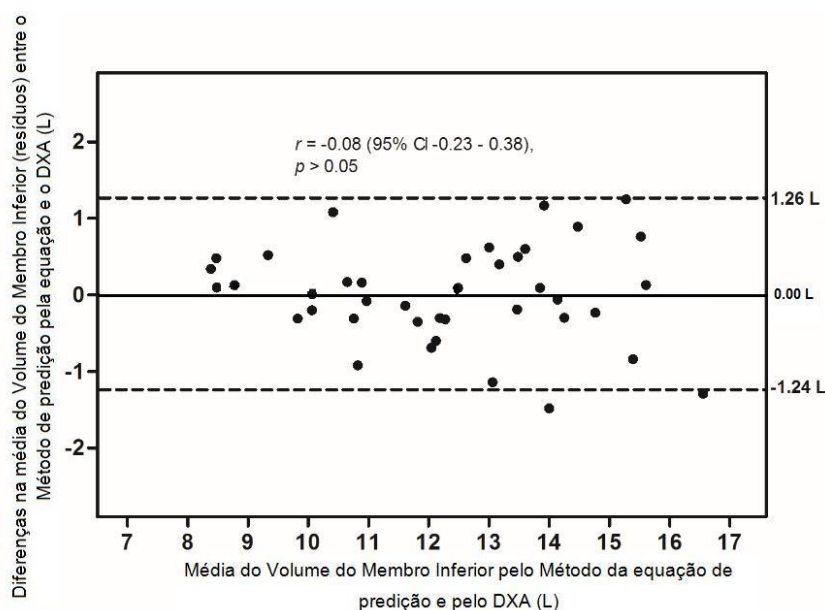


Gráfico 5.1 – Relação entre os resíduos (média das diferenças entre o volume do membro inferior predito, medido pelo DXA e o predito por equação. A linha contínua no Gráfico de Bland- Altman representa a média das diferenças entre a técnica de referência e a equação antropométrica.

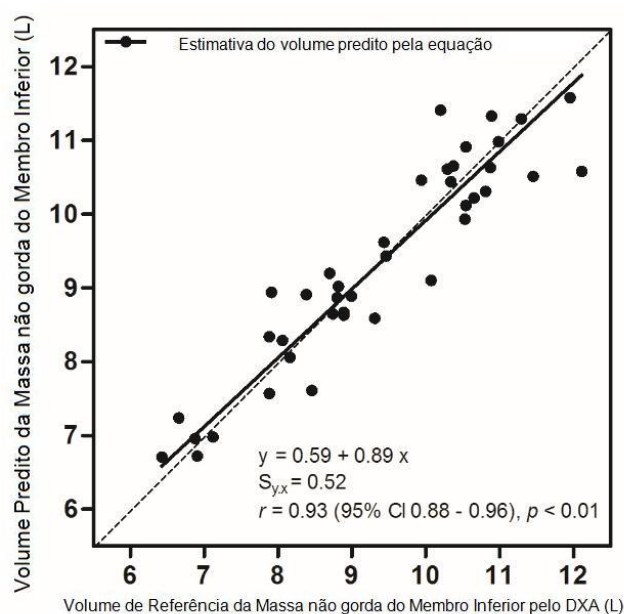


Gráfico 5.2 – Acordo a partir de regressões entre a equação antropométrica, gerada para prever o volume da massa não gorda do membro inferior em jovens jogadores de rugby, com o DXA como método de referência.

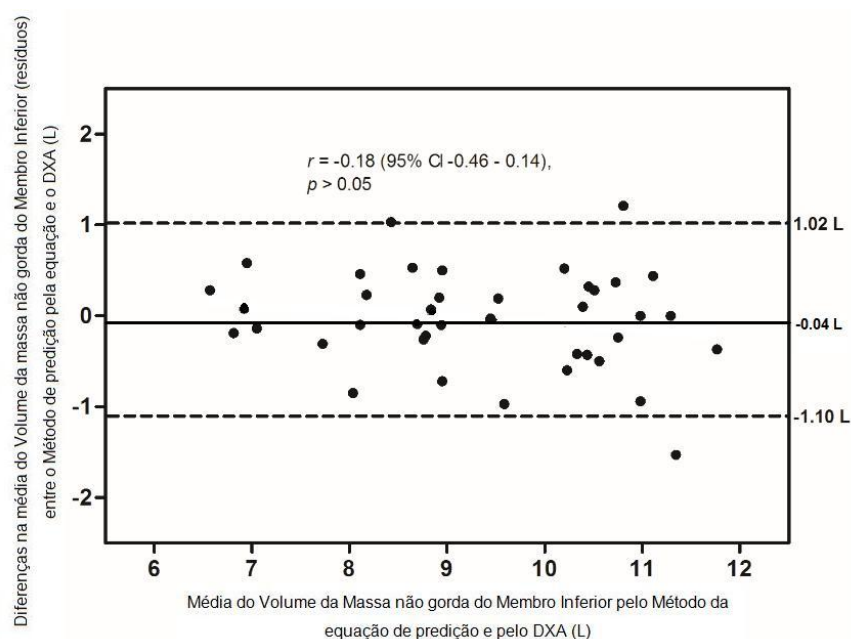


Gráfico 5.3. – Relação entre os resíduos (média das diferenças entre o volume da massa não gorda do membro inferior predito, medido pelo DXA e o predito por equação. A linha contínua no Gráfico de Bland-Altman representa a média das diferenças entre a técnica de referência e a equação antropométrica.

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O volume do membro inferior medido pelo método antropométrico (utilizando o modelo de cones truncados) em atletas masculinos adolescentes de Rugby e em jovens adultos é sobrestimado quando comparado com o método DXA. Ambos os métodos mostraram altos coeficientes de correlação. Interessantemente, as diferenças entre os valores de referência do volume do membro inferior pelo método antropométrico (VMI<sup>A</sup>) tende a se relacionar com a massa corporal. Modelos preditivos, acrescentando o peso corporal e as pregas cutâneas dos membros inferiores aumentam a precisão de estimar o volume dos membros inferiores (Fig.4). A sobrestimação do volume dos membros inferiores observada neste estudo, por parte do método antropométrico em relação ao DXA é coerente com os resultados reportados na literatura (4-9). A mesma tendência foi reportada para a estimação por Ressonância Magnética numa pequena amostra de atletas (37). No presente estudo, o Sy.x, (erro de estimativa) foi de 1.99 L para o VMI<sup>A</sup>, correspondente a um coeficiente de variação de 13,8%. Com o uso do modelo de cones truncados e o recurso às pregas cutâneas, o Sy.x foi de 1.35 L com um coeficiente de variação de 11,8%, mais baixo para o VLGMI<sup>A</sup> (Fig.4).

As estimativas alcançadas no presente estudo foram superiores às estimativas observadas em mulheres activas saudáveis mais velhas e em adultos mais velhos do sexo masculino e feminino, com indicações clínicas (4-9). O elevado volume de massa não gorda obtido no presente estudo, ou seja, uma maior hipertrofia muscular tanto na coxa como na perna quando comparado com não atletas, pode levar a um aumento dos erros de estimação, pois poderá limitar as assunções de que o membro inferior é circular e de que o tecido adiposo subcutâneo forma um anel que rodeia a massa não gorda. Adicionalmente, o número de locais de medição poderá ser limitado para prever o volume total.

Observações feitas em estudos anteriores indicaram limitações nos volumes da coxa, estimados pela antropometria, relativamente à estimativa da ressonância magnética, quando aumenta a adiposidade. Estes resultados foram atribuídos a uma combinação de factores, incluindo a distribuição da massa gorda e a dificuldade em medir correctamente as pregas da coxa (37). A variabilidade biológica pode também estar presente nas medições das pregas subcutâneas, devido às diferenças interindividuais de distribuição de gordura (38). Contudo, estas limitações aumentam as incertezas na estimativa do volume do membro inferior pelo método antropométrico (VMIA), mas não impede a sua validade em jovens adultos atletas. A medida de massa não gorda e de massa gorda através do DXA inclui a matriz óssea, (a matriz óssea é a medida do mineral ósseo apenas, não representa a massa óssea verdadeira). A matriz óssea é pela forma do tecido não gordo e do tecido adiposo, estando estes dois presentes nas medições de toda a massa gorda e não gorda. Este facto poderá ter induzido erros de cálculo da composição corporal e mesmo de valor mínimo poderão em parte ter explicado a diferença entre os métodos.

As potenciais fontes que limitam a concordância entre os métodos de medição são os erros fixos, proporcionais e aleatórios(39). O erro fixo significa que um método dá os valores que são mais altos (ou menores) do que os do outro por uma quantidade constante (39,40,41). O erro proporcional significa que um método produz valores que são mais elevados ou mais baixos que valores produzidos por outro método por uma magnitude que é proporcional ao nível da variável de medida. O erro aleatório pode ser derivado a partir da qualidade das medições e das variações biológicas (39,40,41). Ao avaliar a concordância entre os métodos, deve-se presumir que as medições feitas por ambos os métodos são atendidas pelo erro aleatório. O método da recta dos quadrados mínimos é a técnica estatística mais comum para estimar o declive e a intercepção relacionados linearmente na comparação de dados (31). Este método assume que os valores do método comparativo não têm erro aleatório e que os erros aleatórios são constantes durante todos os intervalos dos dados (42). A abordagem pode ser limitada tanto como os valores de  $y$  e  $x$  são atendidos pelo

erro aleatório. Uma abordagem alternativa é pela Regressão de Deming, onde os erros aleatórios estão considerados em ambas as variáveis dependentes e independentes e são acomodadas no modelo de regressão (31-43).

Do nosso conhecimento, este pode ser o primeiro estudo que visa analisar a contribuição relativa das variáveis independentes (peso corporal e pregas subcutâneas dos membros inferiores) de acordo com os volumes estimados pela tecnologia DXA e pelo método antropométrico, bem como a calibração de um novo modelo de previsão baseado no método antropométrico vs. o volume do membro inferior pela tecnologia DXA, na análise de jovens adultos jogadores de rugby. Foi observada uma grande correlação entre os volumes estimados usando os modelos de predição e os estimados pelo DXA ( $r = 0.96$  para o VMI;  $r = 0.93$  para o VLGMI). O modelo de regressão Stepwise confirmou a importância de utilizar a massa corporal e o somatório das pregas cutâneas dos membros inferiores para aumentar a concordância entre a estimativa de volume pelo método antropométrico com valores de referência. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os volumes dos membros inferiores preditos e medidos. Além disso, todas as equações derivadas apresentaram altos valores na  $R\text{PRESS}^2$  e baixos na  $Sy.X \text{ PRESS}$  (Tabela 2). Tendo em conta o tamanho da amostra neste estudo, o método PRESS foi utilizado para evitar a divisão de dados (Holiday et al. 1995) e permite o uso de um número alargado de indivíduos para desenvolver e fazer uma validação cruzada das novas equações de predição do volume dos membros inferiores.

Análises da concordância entre equações de predição antropométricos do VMI e das estimadas pelo DXA usando a regressão de Deming indicam que não existem diferenças proporcionais entre métodos, com 95% de IC para os valores de declive contendo 1 (95% IC = 0.81 – 1.07 para o VMI; 95% IC = 0.81 – 1.05 para o VLGMI) e os declives não foram significativamente diferentes da unidade. A intercepção foi significativamente diferente de 0 ( $P < 0.01$ ), indicando que ambos os métodos diferem pelo menos por uma quantidade constante. Pequenos limites de concordância foram encontrados e a relação entre os valores do VMI derivado a partir de equações mostraram que os valores residuais e os preditos não têm uma significativa linha de

tendência, um sobre o outro (Figura 4). Contudo, os resultados sugerem que as novas equações servem para avaliar o VMI em jovens adultos jogadores de rugby.

O presente estudo é limitado pelo tamanho da amostra, o  $Sy.x$  só é preciso apenas para os atletas deste estudo. Adicionalmente, pequenos erros sistemáticos e previsíveis, na análise da composição dos tecidos moles pela tecnologia DXA têm que ser tidos em consideração (20).

## 5 CONCLUSÃO

Em conclusão, o acordo entre o método antropométrico e a tecnologia DXA, para quantificar o volume dos membros inferiores, pode ser validado como uma referência em jovens adultos jogadores de rugby; é aceitável e é um método prático quando as técnicas mais caras e complexas não estão disponíveis. No entanto, a pouca precisão observada pode ser justificada devido à variabilidade da composição dos membros inferiores associado ao tamanho do corpo e ao desenvolvimento muscular através das adaptações ao treino de formação.

É importante ressaltar que a inclusão da massa corporal e das pregas cutâneas dos membros inferiores podem aumentar a precisão na estimativa para o volume do membro inferior usando o método antropométrico em jovens adultos atletas de rugby.



## 6 BIBLIOGRAFIA

1. Jaric, S., Mirkov, D., and Markovic, G. 2005. Normalizing physical performance tests for body size: a proposal for standardization. *J.Strength Cond. Res.* 19(2): 467–474. PMID: 15903392.
2. Tolfrey, K., Barker, A., Thom, J.M., Morse, C.I., Narici, M.V., and Batterham, A.M. 2006. Scaling of maximal oxygen uptake by lower leg muscle volume in boys and men. *J. Appl. Physiol.* 100(6): 1851–1856. doi:10.1152/jappphysiol.01213.2005. PMID: 16484361.
3. Jones, P.R., and Pearson, J. 1969. Anthropometric determination of leg fat and muscle plus bone volumes in young male and female adults. *J. Physiol.* 204(2): 63P–66P. PMID: 5824654.
4. Villaça, D.S., Lerario, M.C., dal Corso, S., Nápolis, L., de Albuquerque, A.L.P., Lazaretti-Castro, M., et al. 2008. Clinical value of anthropometric estimates of leg lean volume in nutritionally depleted and non-depleted patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Br. J. Nutr.* 100(2): 380–386. doi:10.1017/S0007114507886399. PMID: 18184453.
5. Doré, E., Diallo, O., Franca, N.M., Bedu, M., and Van Praagh, E. 2000. Dimensional changes cannot account for all differences in short-term cycling power during growth. *Int. J. Sports Med.* 21(5): 360–365. doi:10.1055/s-2000-3783. PMID:10950446.
6. Doré, E., Bedu, M., França, N.M., and Van Praagh, E. 2001. Anaerobic cycling performance characteristics in prepubescent, adolescent and young adult females. *Eur. J. Appl. Physiol.* 84(5): 476–481. doi:10.1007/s004210100385. PMID:11417438.

7. Martin, R.J., Doré, E., Hautier, C.A., Van Praagh, E., and Bedu, M. 2003. Short-term peak power changes in adolescents of similar anthropometric characteristics. *Med. Sci. Sports Exerc.* 35(8): 1436–1440. doi:10.1249/01.MSS.0000079074.47756.AB. PMID:12900701.
8. Martin, R.J., Doré, E., Twisk, J., van Praagh, E., Hautier, C.A., and Bedu, M. 2004. Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36 (3):498–503. doi:10.1249/01.MSS.0000117162.20314.6B. PMID:15076793.
9. Rance, M., Morio, B., Courteix, D., Bedu, M., Van Praagh, E., and Duché, P. 2006. Lower-limb and whole-body tissue composition assessment in healthy active older women. *Ann. Hum. Biol.* 33(1): 89–99. doi:10.1080/03014460500446319. PMID:16500814.
10. Sipilä, S., and Suominen, H. 1995. Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *J. Appl. Physiol.* 78(1): 334–340. PMID:7713834.
11. Beneke, R., Neuerburg, J., and Bohndorf, K. 1991. Muscle cross-section measurement by magnetic resonance imaging. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 63(6): 424–429. doi:10.1007/BF00868073. PMID:1765055.
12. Heymsfield, S.B., Wang, Z., Baumgartner, R.N., and Ross, R. 1997. Human body composition: advances in models and methods. *Annu. Rev. Nutr.* 17(1): 527–558. doi:10.1146/annurev.nutr.17.1.527. PMID:9240939.
13. Pietrobelli, A., Peroni, D.G., and Faith, M.S. 2003. Pediatric body composition in clinical studies: which methods in which situations? *Acta Diabetol.* 40(0 Suppl. 1): S270–S273. doi:10.1007/s00592-003-0084-0. PMID:14618491.

14. Goran, M.I. 1998. Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics*, 101(3): 505–518. PMID:12224657.
  
15. Kohrt, W.M. 1998. Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. *J. Appl. Physiol.* 84(1): 372–377. PMID:9451659.
  
16. Fuller, N.J., Hardingham, C.R., Graves, M., Screatton, N., Dixon, A. K., Ward, L.C., and Elia, M. 1999. Assessment of limb muscle and adipose tissue by dual-energy X-ray absorptiometry using magnetic resonance imaging for comparison. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 23(12): 1295–1302. doi:10.1038/sj.ijo.0801070. PMID:10643687.
  
17. Salamone, L.M., Fuerst, T., Visser, M., Kern, M., Lang, T., Dockrell, M., et al. 2000. Measurement of fat mass using DEXA: a validation study in elderly adults. *J. Appl. Physiol.* 89(1): 345–352. PMID:10904070.
  
18. Visser, M., Fuerst, T., Lang, T., Salamone, L., and Harris, T.B. 1999. Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. Health, aging, and body composition study — Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Body Composition Working Group. *J. Appl. Physiol.* 87(4): 1513–1520. PMID:10517786.
  
19. Wang, Z.M., Visser, M., Ma, R., Baumgartner, R.N., Kotler, D., Gallagher, D., and Heymsfield, S.B. 1996. Skeletal muscle mass: evaluation of neutron activation and dual-energy X-ray absorptio-metry methods. *J. Appl. Physiol.* 80(3): 824–831. PMID:8964743.

20. Pietrobelli, A., Wang, Z., Formica, C., and Heymsfield, S.B. 1998. Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. *Am. J. Physiol.* 274(5): E808–E816. PMID:9612238.
21. Malina, R.M., Bouchard, C., and Bar-Or, O. 2004. Growth, maturation, and physical activity. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
22. Malina, R.M. 2007. Body composition in athletes: assessment and estimated fatness. *Clin. Sports Med.* 26(1): 37–68. doi:10.1016/j.csm.2006.11.004. PMID:17241914.
23. Duthie, G., Pyne, D., and Hooper, S. 2003. Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sports Med.* 33(13): 973–991. doi:10.2165/00007256-200333130-00003. PMID:14606925.
24. Gabbett, T., King, T., and Jenkins, D. 2008. Applied physiology of rugby league. *Sports Med.* 38(2): 119–138. doi:10.2165/00007256-200838020-00003. PMID:18201115.
25. Duthie, G.M., Pyne, D.B., Hopkins, W.G., Livingstone, S., and Hooper, S.L. 2006. Anthropometry profiles of elite rugby players: quantifying changes in lean mass. *Br. J. Sports Med.* 40(3): 202–207. doi:10.1136/bjsm.2005.019695. PMID:16505074.
26. Lohman, T.G., Roche, A.F., and Martorell, R. 1988. Anthropometric standardization reference manual. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
27. Forbes, G.B. 1978. Body composition in adolescence. *In* Human growth: postnatal growth, neurobiology. *Edited by* F. Falkner and J.M. Tanner. Plenum Press, New York.

28. Frisancho, A.R. 1990. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan.
29. Malina, R.M. 1995. Anthropometry. *In* Physiological assessment of human fitness. *Edited by* P.J. Maud and C. Foster. Human Kinetics, Champaign, Illinois. pp. 205–220.
30. Visser, M., Gallagher, D., Deurenberg, P., Wang, J., Pierson, R.N., Jr., and Heymsfield, S.B. 1997. Density of fat-free body mass: relationship with race, age, and level of body fatness. *Am. J. Physiol.* 272(5): E781–E787. PMID:9176176.
31. Cornbleet, P.J., and Gochman, N. 1979. Incorrect least-squares regression coefficients in method-comparison analysis. *Clin. Chem.* 25(3): 432–438. PMID:262186.
32. Bland, J.M., and Altman, D.G. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 327(8476): 307–310. doi:10.1016/S0140-6736(86)90837-8. PMID:2868172.
33. Nevill, A., and Holder, R. 1994. Modelling maximum oxygen uptake — a case study in non-linear regression model formulation and comparison. *J. R. Stat. Soc. Ser. A Stat. Soc.* 43(4): 653 – 666.
34. Carvalho, H.M., Coelho-e-Silva, M.J., Gonçalves, C.E., Philippaerts, R.M., Castagna, C., and Malina, R.M. 2011. Age-related variation of anaerobic power after controlling for size and maturation in adolescent basketball players. *Ann. Hum. Biol.* 38(6): 721–727. doi:10.3109/03014460.2011.613852. PMID:21923618.

35. Nevill, A.M., Stewart, A.D., Olds, T., and Holder, R. 2006. Relationship between adiposity and body size reveals limitations of BMI. *Am. J. Phys. Anthropol.* 129(1): 151–156. doi:10.1002/ajpa.20262. PMID:16270304.
36. Holiday, D.B., Ballard, J.E., and McKeown, B.C. 1995. PRESS-related statistics: regression tools for cross-validation and case diagnostics. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(4): 612–620. PMID:7791595.
37. Tothill, P., and Stewart, A.D. 2002. Estimation of thigh muscle and adipose tissue volume using magnetic resonance imaging and anthropometry. *J. Sports Sci.* 20(7): 563–576. doi:10.1080/026404102760000062. PMID:12166882.
38. Lohman, T.G. 1981. Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Hum. Biol.* 53(2): 181–225. PMID:7239496.
39. Ludbrook, J. 1997. Comparing methods of measurements. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 24(2): 193–203. doi:10.1111/j.1440-1681.1997.tb01807.x. PMID:9075596.
40. Atkinson, G., and Nevill, A.M. 1998. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.* 26(4): 217–238. doi:10.2165/00007256-199826040-00002. PMID:9820922.
41. Hopkins, W.G. 2000. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 30(1): 1–15. doi:10.2165/00007256-200030010-00001. PMID:10907753.

42. Martin, R.F. 2000. General deming regression for estimating systematic bias and its confidence interval in method-comparison studies. *Clin. Chem.* 46(1): 100–104. PMID:10620577.
43. Brace, R.A. 1977. Fitting straight lines to experimental data. *Am. J. Physiol.* 233(3): R94–R99. PMID:910941.